



MINISTERUL EDUCAȚIEI
Olimpiada Națională de Fizică
Oradea 6-10 aprilie 2023
Proba de baraj

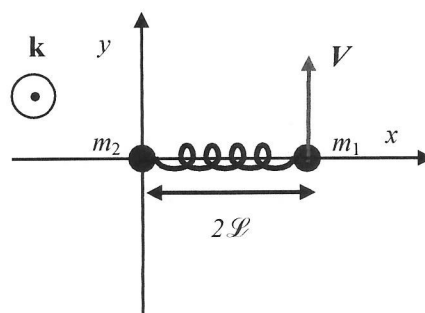


Pagina 1 din 2

Subiectul 1(10 puncte):

Mișcarea rotațional-oscilatorie a două particule legate printr-un resort elastic

Considerați sistemul biparticulă-resort (SBR) schematizat în figura alăturată, format din două particule de mase $m_{1,2}$ conectate prin intermediul unui resort ideal (fără masă, deformare proporțională cu forța deformatoare aplicată) de constantă elastică κ . Inițial, SBR se află în repaus față de un sistem de referință inertial al laboratorului (SL), resortul fiind nedeformat și având lungimea $2\mathcal{L}$. Coordonatele carteziene asociate SL sunt notate cu x, y . La momentul inițial, particula de masa m_1 capătă viteza V paralelă cu axa y (vezi figura).



Introducem centrul de masa (CM) al SBR și sistemul de referință al centrului de masa (SCM) al acestuia (SCM are originea în CM al SBR și are o mișcare de translație față de SL) și considerăm mișcarea în absența frecării, în câmp gravitațional nul și în limitele elasticității liniare a resortului. În rezolvare, notați cu v_C viteza CM al SBR față de SL și adăugați convenabil simbolul ' pentru mărimi fizice exprimate față de CM, de exemplu, notăm cu v_1' viteza particulei 1 față de CM.

Răspundeți următoarelor cerințe:

- Enumerați mărimile mecanice care se conservă în mișcarea SBR față de SL și față de SCM. Justificați conservarea concis, folosind principiile și teoremele fundamentale ale mecanicii.
- Obțineți expresiile impulsului, momentului cinetic și energiei mecanice ale SBR la momentul inițial față de SL și față de SCM. Ce valori au la momentul inițial vitezele v_1, v_2 ale particulelor SBR față de SL și v_1', v_2' față de SCM?
- Scrieți momentul cinetic S al SBR față de SCM, la un moment ulterior, ca o funcție de $\mu = m_1 m_2 / (m_1 + m_2)$ (care reprezintă masa unei particule fictive), r și v_θ , unde: $\mathbf{r} \times \mathbf{v} = r v_\theta \mathbf{k}$ cu \mathbf{k} vector unitar perpendicular pe planul (x, y) ca în figură, $\mathbf{v}_\theta = v_\theta \mathbf{e}_\theta$ este proiecția vectorului $\mathbf{v} = d\mathbf{r}/dt$ pe direcția vectorului unitar \mathbf{e}_θ orientat perpendicular pe $\mathbf{r} = \mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2$, $r = |\mathbf{r}|$ este distanța dintre particule, iar \mathbf{r}_1 și \mathbf{r}_2 sunt vectorii de poziție ai particulelor față de SL. Vectorii unitari \mathbf{e}_r și \mathbf{e}_θ satisfac relația produsului vectorial $\mathbf{e}_r \times \mathbf{e}_\theta = \mathbf{k}$.
- Scrieți energia mecanică a SBR față de SL, la un moment ulterior, ca o funcție de $m_1, m_2, V, \mathcal{L}, \kappa, v_1', v_2'$ și r . Ce semnificație fizică au termenii obținuți?
- Scrieți energia cinetică a SBR față de SCM ca o funcție de masa μ, r, v_θ și $v_r = \dot{r}$ (unde $\mathbf{v}_r = v_r \mathbf{e}_r$ este proiecția vectorului \mathbf{v} pe direcția vectorului unitar \mathbf{e}_r aflat pe suportul și în direcția lui \mathbf{r}).

- Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
- În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
- Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
- Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
- Fiecare subiect se notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.



MINISTERUL EDUCAȚIEI
Olimpiada Națională de Fizică
Oradea 6-10 aprilie 2023
Proba de baraj



Pagina 2 din 2

- f) Calculați lungimea minimă și maximă a resortului în funcție de \mathcal{L} atinse în timpul mișcării pentru $\kappa \mathcal{L}^2 = \mu V^2$, cunoscând că rădăcina reală a polinomului $P(x) = x^3 - 2x^2 - x - 2$ este $x_0 \approx 2.66$.
- g) Este mișcarea relativă a particulelor (a uneia față de cealaltă) sau mișcarea față de CM a fiecăreia dintre ele o mișcare oscilatorie liniar armonică? Justificați algebric (obțineți ecuațiile diferențiale ale mișcărilor).

Subiect propus de:

Conf. univ. dr. Tiberius O. Cheche
Universitatea din București

-
1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, ..., 5 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
 2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
 3. Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
 4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
 5. Fiecare subiect se notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.



MINISTERUL EDUCAȚIEI
Olimpiada Națională de Fizică
Oradea 6-10 aprilie 2023
Proba de baraj

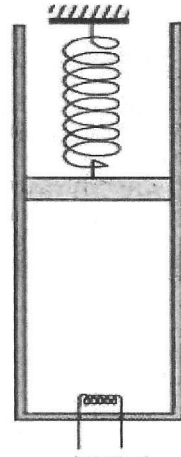


Pagina 1 din 2

Subiectul 2 - Cilindru cu piston și resort (10 puncte):

O cantitate de gaz ideal monoatomic este închisă în interiorul unui cilindru vertical cu ajutorul unui piston de masă $m = 10$ kg, suspendat de un resort elastic ideal (vezi figura alăturată). Atât pistonul cât și pereții cilindrului sunt izolatori termici perfecți. Pistonul închide perfect etanș gazul din incintă, are o suprafață a secțiunii transversale $A = 10^{-2}$ m² și se poate deplasa fără frecări în interiorul cilindrului. Inițial, gazul are temperatura $T_1 = 297$ K și ocupă un volum $V_1 = 1,2 \cdot 10^{-2}$ m³, iar resortul, a cărui constantă de elasticitate este $k = 1000$ N/m, este netensionat. Gazul este încălzit cu ajutorul unui filament subțire până la temperatura $T_2 = 351$ K.

Presiunea atmosferică are valoarea $p_a = 10^5$ N/m², iar accelerația gravitațională este $g = 10$ m/s².



a	Calculează deplasarea pistonului produsă de încălzire.	1.5 p
---	--	-------

b	Determină valoarea căldurii furnizate de filament pe parcursul încălzirii gazului de la temperatura T_1 la temperatura T_2 .	2 p
---	--	-----

După atingerea temperaturii T_2 , pistonul este ridicat pe direcția verticală în sus cu o viteză constantă $v = 1$ cm/s. Cantitatea de căldură furnizată gazului de către filamentul încălzitor poate fi controlată din exterior.

c	Găsiți expresia funcției care exprimă modul în care trebuie să se modifice în timp puterea încălzitorului pentru ca temperatura gazului să se mențină constantă pe timpul manevrei de ridicare a pistonului cu viteză constantă. În afara schimbului de căldură dintre filament și gaz, toate celelalte schimburi de căldură se neglijează.	2 p
---	--	-----

d	Reprezintă grafic (determină alura curbei) funcția determinată la cerința c, pentru valorile numerice specificate în enunțul problemei.	0.5 p
---	---	-------

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, ..., 5 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuția subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.



MINISTERUL EDUCAȚIEI
Olimpiada Națională de Fizică
Oradea 6-10 aprilie 2023
Proba de baraj



Pagina 2 din 2

e	Calculează ce valoare are puterea furnizată de filament în momentul în care volumul gazului se dublează față de valoarea pe care o are la momentul în care începe ridicarea pistonului cu viteză constantă.	0.5 p
---	---	-------

În momentul în care volumul gazului se dublează se întrerupe încălzirea, pistonul este oprit și este desprins de resort.

f	Determină expresia pentru viteza maximă pe care o atinge pistonul în timpul căderii. Datorită faptului că deplasarea pistonului în cilindru este rapidă, consideră că pe parcursul căderii nu are loc schimb de căldură între gaz, cilindru și piston.	3 p
---	---	-----

g	Calculează valoarea numerică a acestei viteze.	0.5 p
---	--	-------

Subiect propus de:

Lect. Univ. Dr. Adrian NECULAE

Facultatea de Fizică, Universitatea de Vest din Timișoara

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, ..., 5 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.



MINISTERUL EDUCAȚIEI
Olimpiada Națională de Fizică
Oradea 6-10 aprilie 2023
Proba de baraj



Pagina 1 din 1

Subiectul III (10 puncte):

Atomi înșirați, frumos aranjați ... ca sarea-n bucate

- a) La mijlocul distanței dintre două nuclee de hidrogen, fixe, se află un electron.
- a1) (1,0p) Demonstrează expresia perioadei micilor oscilații ale electronului în jurul poziției de echilibru, în planul perpendicular pe dreapta ce unește nucleele.
- a2) (1,0p) Arată că, în caz real, efectul greutateii asupra acestei perioade este neglijabil, atunci când linia ce unește nucleele este orizontală. (distanțele medii dintre particule sunt de ordinul nanometrilor)
- a3) (1,0p) În ce fel de echilibru se află electronul situat la mijlocul distanței dintre cele două nuclee? Argumentează.
- a4) (1,0p) Ce expresie are energia potențială electrică a sistemului (atunci când electronul este staționar), considerând ca nivel de zero situația când sarcinile sunt suficient de îndepărtate încât să nu se influențeze reciproc?
- b) (2,0p) În locul celor 3 particule de mai sus așezăm acum trei atomi: doi atomi identici, ionizați pozitiv prin pierderea câte unui electron, iar la mijlocul distanței dintre ei un alt atom, ionizat negativ prin primirea a doi electroni. Un astfel de sistem de sarcini este numit cuadrupol. Poate fi chiar o moleculă cuadrupolară. Considerând că ionul negativ este în centrul unui sistem de axe ortogonale Oxyz și este la distanța d de cei doi ioni pozitivi, să se demonstreze expresia potențialului electric într-un punct oarecare, la distanța r de ionul negativ, în aproximația în care distanța de la cuadrupol la acest punct este mult mai mare decât dimensiunea cuadrupolului.
- c) (2,0p) Dintr-un cristal de clorură de sodiu (sare de bucătărie) Na^+Cl^- , izolăm un șir liniar de ioni (rețea unidimensională). Consideră că distanța dintre doi ioni vecini este constantă, R . Determină expresia energiei de interacțiune electrostatică a unui ion din șir cu toți ceilalți ioni, în funcție de R . Ce semnificație fizică puteți da semnului acestei energii? Contează dacă ionul ales este către mijlocul șirului sau nu? Argumentează.
- d) (2,0p) Fie acum un cristal ionic de NaCl , sub forma unei rețele tridimensionale cu structură cubică, având în noduri, intercalați, ioni cu sarcini $+e$, respectiv $-e$. Consideră că sunt în total N ioni de Na^+ și N ioni de Cl^- . Ce expresie are energia de interacțiune electrostatică a unui ion cu toți ceilalți ioni ai cristalului? Dar energia de interacțiune electrostatică a tuturor ionilor din cristal?

Notă: Dacă vă este util puteți folosi relația:

$$\ln(1+x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} + \dots$$

și valorile: masa electronului: $9.1 \cdot 10^{-31}$ kg; masa protonului: $1.67 \cdot 10^{-27}$ kg; permitivitatea electrică a vidului $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ F/m.

Subiect propus de:

Lector dr. Mihai VASILESCU – Facultatea de Fizică, Universitatea Babeș-Bolyai, Cluj-Napoca

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, ..., 5 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.



MINISTERUL EDUCAȚIEI
Olimpiada Națională de Fizică
Oradea 6-10 aprilie 2023
Proba de baraj



Pagina 1 din 2

Subiectul 4: Împrăștieri (10 puncte)

A. Împrăștierea fotonilor (5,2 puncte)

Un foton cu impulsul p_ν interacționează Compton cu o microparticulă țintă în mișcare. Energia acestui sistem de particule înainte de interacțiune este W , iar unghiul dintre \vec{p}_ν și impulsul total \vec{P} al sistemului înainte de interacțiune este θ .

A1	Determină expresia matematică a modulului impulsului fotonului (p'_ν) care rezultă după interacțiunea fotonului incident cu particula țintă în funcție de p_ν , W , P , c , θ și θ' , unde c este viteza luminii în vid, iar θ' este unghiul dintre impulsul fotonului emergent și impulsul total al sistemului.	1,4 p
----	---	-------

A2	Demonstrează că soluția găsită mai sus se poate scrie sub forma ecuației unei conice ($p'_\nu = \frac{b}{1 - e \cos \theta'}$) și determină expresiile analitice ale excentricității e și parametrului b ale conicei. <i>Conicele sunt curbele care rezultă din intersecția unui con cu un plan și ele pot fi cercuri, elipse, parabole sau hiperbole.</i>	0,4 p
----	---	-------

A3	Demonstrează că ori de câte ori un foton interacționează cu o microparticulă, astfel încât energia W și impulsul P ale sistemului sunt cunoscute, vârful vectorului impuls al fotonului după interacțiune se află pe o elipsă dacă punctul său de aplicație se păstrează în punctul din spațiu în care a avut loc interacțiunea.	0,8 p
----	--	-------

A4	Determină masa particulei țintă dacă \vec{P} unește cele două focare ale elipsei descrise de vârful vectorului \vec{p}'_ν , ce are punctul de aplicație într-unul dintre focare.	1,4 p
----	--	-------

Proiecțiile vectorilor impuls \vec{p}_ν al fotonului incident și \vec{p}'_ν al fotonului emergent pe un plan perpendicular pe \vec{P} , face între ele unghiul φ .

A5	Determină așa-numitul unghi de deflexie θ_d (unghiul dintre vectorii \vec{p}_ν și \vec{p}'_ν) în funcție de unghiurile θ , θ' și φ .	0,8 p
----	--	-------

În cazul efectului Compton obișnuit microparticula țintă preia o parte a energiei fotonului incident. Există situații în care fotonul emergent preia o parte a energiei microparticulei țintă, având energia mai mare decât a fotonului incident. Acest nou efect poartă numele de efect Compton invers și este întâlnit în fizica razelor cosmice.

A6	Determină relația dintre unghiurile θ și θ' astfel încât să poată avea loc efectul Compton invers.	0,4 p
----	--	-------

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, ..., 5 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.

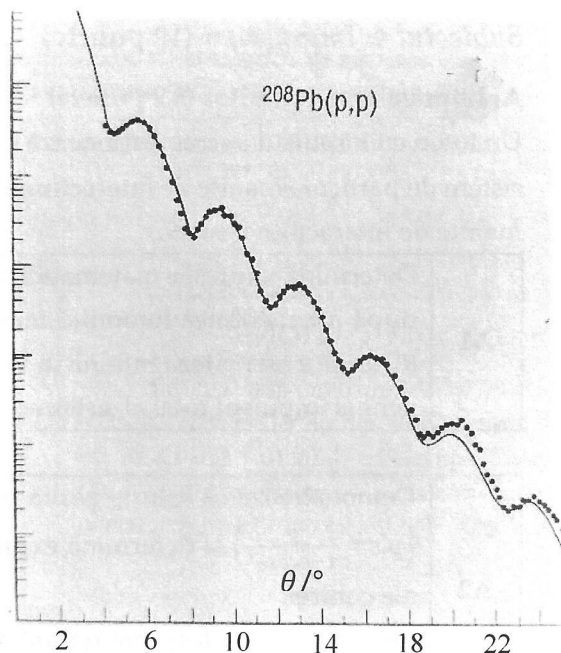


MINISTERUL EDUCAȚIEI
Olimpiada Națională de Fizică
Oradea 6-10 aprilie 2023
Proba de baraj



B. Împrăștierea protonilor (4,8 puncte)

Distribuția unghiulară a protonilor cu energia cinetică de $W_c = 800$ MeV, împrăștiați elastic de nuclee de plumb, este redată în figura alăturată. Pe ordonată este reprezentată așa-numita secțiune eficace diferențială a acestui proces de împrăștiere (valorile numerice de pe ordonată nu sunt de interes pentru problema de față). Punctele reprezintă date experimentale, în timp ce curba desenată continuu este reprezentarea grafică a modelului teoretic utilizat pentru analiza datelor experimentale. Inspectând curba reprezentată se poate observa similitudinea cu cea a distribuției intensității luminoase obținute în cazul difracției Fraunhofer (în lumină paralelă) pe un obstacol circular opac.



B1	Determină expresia matematică și calculează valoarea numerică a lungimii de undă de Broglie asociată protonilor incidenti.	1 p
B2	Utilizând datele din grafic, determină valoarea medie a razei nucleului de plumb.	3 p.
B3	Demonstrează că primul minim de difracție al distribuției din figura de mai sus este localizat la valoarea așteptată a unghiului mediu pentru un obstacol circular.	0,8 p.

Se cunosc valorile următoarelor mărimi fizice:

- masa protonului, $m_p = 938,272\ 01$ MeV/ c^2 ,
- viteza luminii în vid, $c = 299\ 792\ 458$ m/s,
- constanta lui Planck, $h = 6,626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$ m² kg / s,
- sarcina electrică elementară, $e = 1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$ C.

Subiect propus de

Conf. Univ. Dr. Sebastian POPESCU, Facultatea de Fizică
Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, ..., 5 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.

Subiectul 5 : Fizică Modernă – MEZONI (10 puncte)

A. Mezonul π^0

Prin studiile efectuate asupra radiațiilor cosmice a fost identificat **mezonul π^0** , particulă neutră instabilă, cu masa de repaus mult mai mare decât masa de repaus a electronului. În interiorul **mezonului π^0** se formează perechea virtuală proton-antiproton, din a căror anihilare, cu respectarea legilor de conservare a energiei și a impulsului, rezultă doi fotoni.

a1) Din totalitatea orientărilor posibile ale zborurilor celor doi fotoni rezultați din dezintegrarea **mezonului π^0** , considerat în zbor cu viteza \vec{v} , valorile E_{\max} posibil și respectiv E_{\min} posibil, ale energiilor celor doi fotoni, corespunzând variantei grafice, reprezentată în desenul din figura 1.

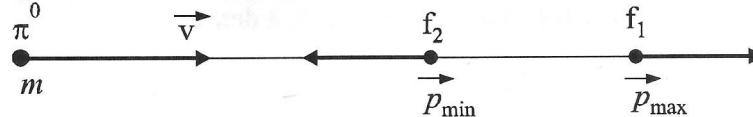


Fig. 1

Să se determine viteza, v , a mezonului π^0 , corespunzătoare rezultatului acestei dezintegrări. Se cunoaște viteza luminii în vid, c .

a2) Dacă rezultatul dezintegrării **mezonului π^0** , este, în cazul general, cel reprezentat în desenul din figura 2, unde α este unghiul dintre direcțiile deplasărilor celor doi fotoni rezultați din dezintegrare, să se determine valoarea minimă posibilă, α_{\min} , a unghiului dintre direcțiile de zbor ale celor doi fotoni rezultați din dezintegrarea în zbor a **mezonului π^0** , precum și energiile corespunzătoare ale celor doi fotoni, E_1 și respectiv E_2 .

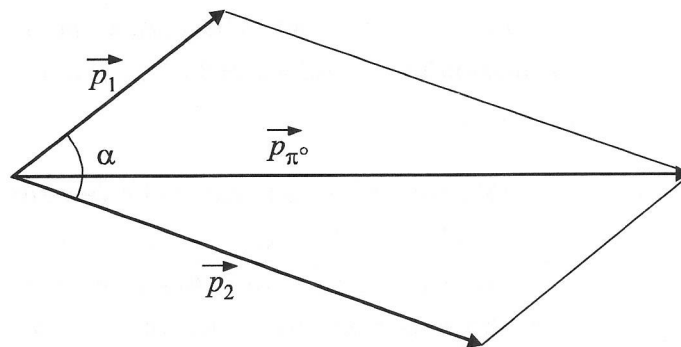


Fig. 2

B. Mezonul π^+

Se știe că radiația cosmică, formată în special din protoni, pătrunde în atmosfera Pământului și interacționând cu nucleele unor atomi de azot sau oxigen formează particule noi, numite **pioni π^+** , sau **mezoni π^+** . Aceste particule, fiind și ele particule instabile, se dezintegrează producând particule neu-

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, ..., 5 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuția subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.



MINISTERUL EDUCAȚIEI
Olimpiada Națională de Fizică
Oradea 6-10 aprilie 2023
Proba de baraj



Pagina 2 din 3

tre, numite **neutrini**, care se deplasează cu viteza luminii, c , și **miuoni** μ , aceștia din urmă fiind și ei particule instabile din a căror dezintegrare rezultă apoi particule stabile. **Mezonii** și **miuonii** rezultați au viteze foarte mari, dar, $v_{0,\mu^+} < c$ și respectiv $v_{0,\pi^+} < c$.

Particulele acestea (**mezonii** și **miuonii**) se pot produce și artificial cu ajutorul marilor accelera-toare de particule, când ei se obțin ca particule foarte lente, instabile, a căror durată de viață, determi-nată în laborator este practic aceeași ca și cum ele ar fi în repaus, T_0 .

Astfel s-au determinat : $T_{0,\pi^+} \approx 10^{-8}$ s; $T_{0,\mu^+} \approx 2 \cdot 10^{-6}$ s.

b) Să se justifice existența **mezonilor** π^+ , rezultați din interacțiunea radiației cosmice cu atmosfera terestră, la altitudinea $h = 6$ km, deasupra nivelului mării, detectați de un observator aflat la nivelul mării, deși timpul lor de viață, în sistemul propriu, este foarte mic, insuficient pentru ca ei să ajungă, de la altitudinea $h = 6$ km, până la nivelul mării, unde au fost detectați.

C. Mezonul μ^-

Miunul negativ (mezonul μ^-) este o particulă cu sarcina electrică $q = e$ (sarcina electronului) și cu masa $m = 207 m_e$, unde m_e este masa electronului. Interacționând cu substanța, un **miun negativ (mezonul μ^-)**, este atras de un nucleu și poate înlocui unul dintre electronii atomului, formând astfel un **atom mezonic**.

Corespunzător electrodinamicii clasice, o particulă electricizată cu sarcina q , în mișcare cu accelerația \vec{a} , emite energie (radiație electromagnetică), astfel încât energia eliberată într-o unitate de timp, dată de **relația lui Larmor**, este: $P = \frac{q^2}{6\pi\epsilon_0 c^3} \vec{a}^2$. Deoarece fotonii emiși sunt purtători de impuls, asupra particulei electricizate va acționa o forță de reacție radiativă, care într-un interval de timp $t_1 < t < t_2$ se poate considera conservativă.

c) Să se determine forța de reacție radiativă, \vec{F}_{rad} , care acționează asupra **mezonului μ^-** dintr-un **atom mezonic**, știind că, în mișcarea **mezonului** în jurul nucleului fix, pentru momentele $t = t_1$ și $t = t_2$, există relația: $\vec{v} \cdot \vec{a} = 0$. Se cunosc: ϵ_0 și c .

d) Pentru **atomul mezonic** să se stabilească existența următoarelor dependente:

$$\frac{dW}{dt} = -\frac{q^4}{6\pi\epsilon_0 c^3 m^2} \left(\frac{dV}{dr} \right)^2; \quad \frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{q^3}{6\pi\epsilon_0 c^3 m^2} \frac{1}{r} \frac{dV}{dr} \vec{L},$$

unde: W - energia totală a sistemului miun negativ-nucleu fix; r - distanța miun negativ-centrul nucleului; $V = V(r)$ - potențialul sarcinii electrice a nucleului la distanța r față de centrul nucleului; \vec{L} - momentul cinetic orbital al **miunului negativ**. Asupra atomului nu acționează forțe externe.

Se vor neglija efectele forței de reacție radiativă asupra accelerației unei particule electricizate aflată în câmpul atractiv al nucleului.

Se va considera că: $\frac{d^2\vec{L}}{dt^2} \approx 0$.

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, ..., 5 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.



MINISTERUL EDUCAȚIEI
Olimpiada Națională de Fizică
Oradea 6-10 aprilie 2023
Proba de baraj



Pagina 3 din 3

e) Să se determine raza orbitei inițiale, r_0 , a **miunului negativ** (**mezonul** μ), știind că ea este prima orbită circulară Bohr a **atomului mezonic**.

Se cunosc:

- **primul postulat al lui Bohr**, conform căruia unda asociată **mezonului** μ trebuie să fie o undă staționară, ceea ce este posibil numai dacă lungimea traiectoriei circulare a **miunului negativ** (**mezonul** μ) este un multiplu întreg, n , al lungimii de undă, λ , asociată acestuia, adică:

$$2\pi \cdot r = n \cdot \lambda;$$

- **prima ecuație a lui de Broglie**, ecuație care leagă lungimea de undă, λ , a undei asociată **mezonului** μ cu impulsul p al acestuia:

$$\lambda = \frac{h}{p};$$

- Q - sarcina electrică a nucleului, h - constanta lui Planck.

f) Să se justifice posibilitatea neglijării prezenței celorlalți electroni ai **atomului mezonic**.

g) Să se stabilească dependența de timp a razei orbitei **miunului negativ**, $r = r(t)$, dacă se iau în calcul efectele radiative.

h) Să se determine după cât timp, τ , **miunul negativ** intră în nucleu. Se cunoaște R - raza nucleului.

Subiect propus de:
prof. Mihail Sandu – Liceul Tehnologic de Turism Călimănești
prof. Radu Constantinescu, Universitatea din Craiova

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, ..., 5 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.